

3/PTS

09/719742  
JC01 HSC d PCT/PTO 15 DEC 2000

5

# PIEZOELEKTRISCHER AKTOR

10

Stand der Technik

15

20

25

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor, insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen in Kraftfahrzeugen, mit einem Aktorkörper in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten, die abwechselnd durch an der Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers einander gegenüberliegende metallische Außenelektroden wenigstens in Form flächiger Elektrodenstreifen kontaktiert sind, wobei die Außenelektroden mit elektrischen Anschlußleitern zum Anschluß des piezoelektrischen Aktors an eine elektrische Spannung in Kontakt stehen.

30

Ein solcher piezoelektrischer Aktor ist z. B. aus der DE 196 50 900 A1 der Robert Bosch GmbH bekannt.

35

Derartige piezoelektrische Mehrlagenaktoren führen, wenn sie mit einer pulsierenden elektrischen Spannung an ihren Elektrodenschichten beaufschlagt werden, analog pulsierende Hübe unter Änderung des Abstandes zwischen ihren beiden Stirnseiten aus. Bei der zitierten DE 196 50 900 A1 überdecken die die elektrische Spannung zu den Elektrodenschichten übertragenden zu beiden Seiten auf der

Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers liegenden metallischen Außenelektroden den aktiven Bereich des Aktorkörpers.

5 Im Betrieb der piezoelektrischen Mehrlagenaktoren können infolge der geringen Zugfestigkeit zwischen den dünnen gestapelten Folien aus Piezokeramik (z. B. BleizirkonatTitanat) und den metallischen bzw. elektrisch leitenden Elektrodenschichten Delaminationen auftreten, die  
10 sich als Risse nach außen in die Außenelektroden fortpflanzen und zu Stromunterbrechungen führen können.

#### Aufgabe und Vorteile der Erfindung

15 Es ist somit Aufgabe der Erfindung, einen gattungsgemäßen piezoelektrischen Mehrlagenaktor so zu ermöglichen, daß stromunterbrechende Risse in den Außenelektroden überbrückt werden und dadurch die Sicherheit der elektrischen Kontaktierung verbessert und die Lebensdauer des  
20 piezoelektrischen Aktors verlängert werden können. Diese Aufgabe wird anspruchsgemäß gelöst.

Der Kern der Erfindung liegt darin, die unmittelbar am Aktorkörper anliegenden flächigen Elektrodenstreifen  
25 zusätzlich mit diese überbrückenden Zusatzelektroden zu verbinden, die über schmale elastische Füße an mehreren Stellen mit den flächigen Elektrodenstreifen in Kontakt stehen.

30 Bevorzugt haben diese Zusatzelektroden die Form eines Doppelkamms mit einem parallel zu den Elektrodenstreifen liegenden Kammrücken und zwei daran seitlich anschließenden parallelen Zinkenreihen, deren Zinken die elastischen Füße bilden und in Kontakt mit den flächigen Elektrodenstreifen  
35 stehen.

Ein Vorteil einer solchen doppelkammartigen Zusatzelektrode ist ihre einfache und sichere Befestigung an dem Elektrodenstreifen infolge der dünnen elastischen Kammzinken. Insbesondere ist zur Kontaktierung eine  
5 beliebig dicke Lotschicht nutzbar, die zusätzlich zur Wärmeabfuhr vom Aktorkörper dient.

Die vielen Gestaltungsmöglichkeiten des Doppelkamms gestatten eine optimale Befestigung, eine  
10 Herstellungsvereinfachung und eine optimale Kontrolle der Befestigung der doppelkammartigen Zusatzelektrode an den flächigen Elektrodenstreifen.

Der als Zusatzelektrode fungierende Doppelkamm entfaltet nach der Anbringung an den flächigen Elektrodenstreifen am Aktorkörper Eigenstabilität, die durch einen  
15 Elastomerzusatz noch gesteigert werden kann. Die beiden Kammreihen bieten über die Lebensdauer des piezoelektrischen Aktors eine hohe Sicherheit gegen evt.  
20 auftretende Risse.

Durch den nahezu geschlossenen Kammrücken und wärmeableitendes Elastomer ist eine gute Kühlung des Aktorkörpers möglich.

Ein erfindungsgemäßer piezoelektrischer Aktor läßt sich vorteilhaft für Diesel- oder Benzineinspritzvorrichtungen im Kraftfahrzeug verwenden. Ein solcher piezoelektrischer Aktor kann vorteilhaft das üblicherweise als Verstellorgan  
25 bei Einspritzvorrichtungen dienende elektromagnetische System ersetzen, da er schneller schalten kann.

Die obigen und weitere vorteilhaften Merkmale eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors werden aus der  
35 nachfolgenden mehrere Ausführungsbeispiele desselben beschreibenden Beschreibung noch deutlicher, wenn diese

bezugnehmend auf die Zeichnung gelesen wird.

#### Zeichnung

- 5      Figur 1    zeigt schematisch und perspektivisch einen  
Abschnitt eines mit einer Doppelkamm-  
Zusatzelektrode ausgerüsteten bevorzugten  
Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen  
piezoelektrischen Aktors.
- 10      Figur 2    zeigt das bevorzugte Ausführungsbeispiel gemäß  
Figur 1 in einer Draufsicht.
- 15      Die Figuren 3 bis 9 zeigen jeweils verschiedenartige  
Ausführungsbeispiele einer doppelkammartigen  
Zusatzelektrode und deren Befestigung an den  
Elektrodenstreifen.
- 20      Die Figuren 10A und 10B zeigen schematisch zwei mögliche  
Herstellungsverfahren für eine Doppelkamm-Zusatzelektrode  
mit Hilfe von Drähten;
- 25      die Figuren 11A und 11B zeigen schematisch eine alternative  
Form von als Bürsten ausgeführten Zusatzelektroden gemäß  
der Erfindung.

#### Ausführungsbeispiele

- 30      In Figur 1 ist in perspektivischer Darstellung ein erstes  
Ausführungsbeispiel eines mit einer doppelkammförmigen  
Zusatzelektrode 5 versehen piezoelektrischen Aktors  
dargestellt. Der beispielhaft rechteckige Aktorkörper 1  
liegt in Form eines vielschichtigen Laminats aus  
35      aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials  
und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch

leitenden, als Elektroden dienenden Schichten 2a und 2b vor. Die Elektrodenschichten 2a und 2b sind abwechselnd durch an der Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers 1 einander gegenüberliegende metallische Außenelektroden 3 und 5 kontaktiert und mit elektrischen Anschlußleitern 7, die an der doppelkammförmigen Zusatzelektrode 5 angeschlossen sind, verbunden.

Wie erwähnt, können im Betrieb solcher piezoelektrischer Mehrlagenaktoren infolge der geringen Zugfestigkeit zwischen dem keramischen piezoelektrischen Material und den metallischen Innenelektroden Delaminationen auftreten, die sich nach außen in die flächigen Elektrodenstreifen 3 als Risse fortpflanzen und zu Stromunterbrechungen führen können. Ein solcher Riß 4 ist in Figur 1 beispielhaft angedeutet. Durch die in Form eines Doppelkamms gebildete Zusatzelektrode 5, die aus einem parallel zum flächigen Elektrodenstreifen 3 liegenden Kammrücken 10 und zwei seitlichen, etwa rechtwinklig vom Kammrücken 10 zum zugehörigen flächigen Elektrodenstreifen 3 hin abgebogenen gezinkten Rändern besteht, wobei die schmalen Zinken 6 der Ränder elektrisch mit dem flächigen Elektrodenstreifen 3 in Kontakt stehen, kann eine Stromunterbrechung, wie sie durch den Riß 4 droht, überbrückt werden. Die dünnen Zinken 6 des Doppelkamms bilden eine Vielzahl elastischer Füße, die die durch den Aktorhub bedingte Bewegung des Aktorkörpers 1 elastisch auffangen können und dadurch eine haltbare Kontaktierung der Zusatzelektrode 5 mit dem flächigen Elektrodenstreifen 3 sicherstellen. Die elastischen Zinken 6 können in die flächigen Elektrodenstreifen 3 hineinführen oder an der Oberfläche befestigt, z. B. verlötet, verschweißt, bondiert usw. sein.

Es ist ersichtlich, daß die perspektivische Darstellung der Figur 1 nur eine Seite des rechtwinkligen piezoelektrischen Aktors zeigt.

Die in Figur 2 dargestellte schematische Draufsicht auf einen solchen piezoelektrischen Aktor zeigt, daß zwei doppelkammförmige Zusatzelektroden 5 einander an den Mantelseiten eines Aktorkörpers 1 gegenüberliegen und jeweils mit einem flächigen Elektrodenstreifen 3 in elektrischem Kontakt stehen.

Nachstehend werden verschiedene Formen von erfindungsgemäß als Zusatzelektroden 5 zu verwendenden Doppelkammelektroden anhand der Figuren 3 bis 9 beschrieben. Figur 3 zeigt eine flache Doppelkammelektrode 5 mit ebenem Kammrücken 10 und von diesem um 90° abgewinkelten Zinken 6 und mit Bohrungen oder Löchern 8 auf dem Kammrücken 10.

Durch die Bohrungen 8 kann bei Bedarf Kunststoff, Klebstoff oder ein Elastomer 9 (vergleiche Figur 4) eingegossen werden, um den Doppelkamm 5 zu stabilisieren und/oder die Wärme nach außen abzuleiten.

Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 dienenden Doppelkammelektrode, bei der die Kammzinken 6 nur wenig vom ebenen Kammrücken 10 zu den Elektrodenstreifen 3 abgebogen sind und mit ihrem jeweiligen Endabschnitt mit dem jeweiligen Elektrodenstreifen 3 in Kontakt stehen. Die Befestigung kann erfolgen durch Löten (hart oder weich), Laserschweißen, Punktschweißen, Reibschweißen oder Bondieren. Die Güte der Befestigung der nach außen ragenden Kammzinken 6 ist leicht zu kontrollieren.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 geeigneten Doppelkammelektrode ist in Figur 6 dargestellt. Die zu beiden Seiten eines ebenen Kammrückens 10 sitzenden Zinken 6 sind zunächst vom Kammrücken 10 aus um 90° zu dem Elektrodenstreifen 3 hin und dann nach innen parallel zum Elektrodenstreifen 3 abgebogen.

In Figur 7 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 geeigneten erfindungsgemäßen Doppelkammelektrode dargestellt, bei der der Kammrücken 10 und die Zinken 6 etwa in einer Ebene liegen. Zum Schutz gegen völliges Anlöten (sofern Löten verwendet wird) ist in der Mitte unterhalb des Kammrückens 10 ein Lötstopplack 13 aufgebracht. Wenn kein Lötvorgang verwendet wird, kann ein als Elastomerschicht ausgebildeter Abstandshalter 13 den notwendigen Abstand zwischen dem flächigen Elektrodenstreifen 3 und dem Kammrücken 10 halten. Eine PTFE-Schicht 13 oder eine Schicht aus ähnlichem Material kann ferner als Verschleißschutz oder Dämpfungsschicht dienen.

Figur 8 zeigt ein weiteres mögliches Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 geeigneten erfindungsgemäßen Doppelkammelektrode, die eine halbrunde oder ovale Querschnittsform mit abgerundetem Kammrücken 11 hat.

Die Figuren 9A, 9B und 9C zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 für einen piezoelektrischen Aktor gemäß der Erfindung geeigneten erfindungsgemäßen Doppelkammelektrode, die ähnlich geformt ist wie in Figur 6 und zu beiden Seiten des ebenen Kammrückens 10 Zinken 6 hat, die gegenüber dem Kammrücken 10 um etwa 90° abgebogen sind.

Figur 9A zeigt den Abstandshalter oder einen Lötstopplack 13.

Figur 9B zeigt, daß statt eines Abstandshalters oder eines Lötstopplackes 13 auch eine um die Ecke bis nahe zum Ende der Kammzinken 6 gehende Elastomer- oder Kunststoffplatte 13a verwendet werden kann.

Der in Figur 9C gezeigte Grundriß einer als Zusatzelektrode

5 geeigneten Doppelkammelektrode beliebiger  
Querschnittsform (rechtwinklige oder auch runde bzw. ovale  
Form wie in Figur 8) zeigt, daß die als elastische Füße  
dienenden Kammzinken 6 zu beiden Seiten des Kammrückens 10  
oder 11 gegeneinander um ein halbes Abstandsintervall  $d$  der  
5 Zinken 6 in Längsrichtung des Doppelkamms versetzt sind.  
Ein im Aktorkörper 1 auftretender Riß 14 geht meistens  
gerade (d. h. unter einem Winkel von  $90^\circ$  zur Außenkante des  
Aktorkörpers 1) durch die flachen Elektrodenstreifen 3 der  
10 Außenelektroden. Durch die Versetzung der Kammzinken 6 um  
das halbe Abstandsintervall  $d$  wird ein Riß nur einen Zinken  
stören und der gegenüberliegende, versetzte Zinken bleibt  
völlig fixiert. Das Abstandsintervall  $2d$  und die  
Zinkenlücken  $b$  können den kleinsten möglichen  
15 Rissfolgeabständen so angepasst werden, damit kein Riss in  
zwei gegenüberliegende Füße 6 läuft.

Die Herstellung eines der bislang beschriebenen als  
Zusatzelektrode 5 geeigneten Doppelkamms kann z. B. durch  
20 Ausstanzen einer passenden Doppelkammform aus einem  
Metallblech geeigneten Materials und gegebenenfalls  
gleichzeitiges Abbiegen der beiden Zinkenreihen ausgeführt  
werden. Alternativ kann eine sehr feine Doppelkammstruktur  
auch durch Laserschneiden aus einem Blech geeigneten  
25 Materials hergestellt werden.

Die Figuren 10A und 10B zeigen weitere Beispiele einfacher  
Herstellungsverfahren für einen als Zusatzelektrode 5  
geeigneten Doppelkamm. Dazu wird gemäß Figur 10A ein Draht  
30 15 auf ein Blechband 16 bondiert, geschweißt oder gelötet  
und die Enden 17 des Drahtes abgeschnitten. Auf diese Weise  
entsteht ein als Zusatzelektrode für einen  
erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktor geeigneter  
Doppelkamm mit sehr schmalen Zinken 6.

35 Gemäß Figur 10B wird alternativ ein als Zusatzelektrode 5



für einen erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktor  
geeigneter Doppelkamm aus einem metallischen Sieb  
hergestellt. Dazu müssen dessen metallische Querfäden 18  
auf der Seite um eine genügend große Strecke c  
5 herausstehen, so daß eine Doppelkammstruktur entsteht.

In der bisherigen Beschreibung wurden für die  
Zusatzelektrode 5 verschiedenartige Doppelkammelektroden  
beschrieben. Gemäß Figur 11A kann jedoch auch eine  
10 bürstenartige Struktur 19 als alternative Zusatzelektrode 5  
dienen, welche von einem flachen metallischen Bürstenrücken  
12 etwa senkrecht abstehende elastische Metallborsten 20  
hat, deren Enden gemäß Figur 11B mit den Elektrodenstreifen  
3 kontaktiert sind.

Bei allen oben beschriebenen Ausführungsbeispielen können  
die Kammzinken oder Borsten eines als Zusatzelektrode 5  
dienenden Doppelkamms oder einer bürstenartigen Struktur  
gemäß Figur 11 an den Elektrodenstreifen 3 hart oder weich  
20 angelötet oder durch Laserschweißen oder Punktschweißen,  
Reibschweißen oder Bondieren verbunden werden. Weiterhin  
ist ein Ankleben mit elektrisch leitfähigem Kleber möglich.  
Beim Löt-, Schweiß- oder Bondiervorgang läßt sich die Güte  
der Verbindung zur Elektrode 3 der vom Kammrücken oder  
25 .Bürstenrücken abstehenden Zinken oder Borsten leicht  
kontrollieren.

Damit ist eine einfache und sichere Befestigung der  
Zusatzelektrode 5 an den flachen Elektrodenstreifen 3  
30 aufgrund der dünnen Zinken oder Borsten möglich. Eine  
beliebig dicke Lötsschicht ist nutzbar. Die verschiedenen  
beschriebenen Ausführungsmöglichkeiten der Kammzinken bzw.  
Borsten ermöglichen eine optimale Befestigung, eine  
kostengünstige Herstellung und eine sichere Kontrolle der  
35 Befestigung der Zinken bzw. Borsten an den  
Elektrodenstreifen 3. Die meist größere Wärmedehnung der

Zusatzelektrode 5 gegenüber der Keramik ergibt wegen der kleinen Kontakte zwischen der Zusatzelektrode 5 und dem Elektrodenstreifen 3 nur geringe Schubspannungen und damit höhere Ausfallsicherheit.

5

Die Zusatzelektrode bekommt durch ihre Form, nachdem sie an den flächigen Elektrodenstreifen angebracht ist, oder durch eine zusätzlich eingebrachte Elastomerschicht eine ausreichende Eigenstabilität. Ein Doppelkamm läßt sich auf vielerlei Weise kostengünstig herstellen. Da vorschlagsgemäß eine als Zusatzelektrode geeignete Kammelektrode zwei Zinkenreihen hat, ist eine hohe Sicherheit gegeben, daß möglichst viele Zinken der Kammelektrode mit dem zugehörigen Elektrodenstreifen elektrisch leitend verbunden sind. Durch den, abgesehen von den Öffnungen 8, nahezu geschlossenen metallischen Kammrücken des Doppelkamms und ein gegebenenfalls eingebrachtes wärmeleitendes Elastomer ist eine gute Möglichkeit der Wärmeableitung des Aktorkörpers erreichbar.

10

15

5

## Ansprüche

- 10 1. Piezoelektrischer Aktor, insbesondere zur Betätigung von  
Steuerventilen oder Einspritzventilen in Kraftfahrzeugen,  
mit einem Aktorkörper (1) in Form eines vielschichtigen  
Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen  
piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden  
15 metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden  
dienenden Schichten (2a, 2b), die abwechselnd durch an der  
Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers (1) einander  
gegenüberliegende metallische Außenelektroden (3, 5)  
wenigstens in Form flächiger Elektrodenstreifen (3)  
20 kontaktiert sind, wobei die Außenelektroden (3, 5) mit  
elektrischen Anschlußleitern (7) zum Anschluß des  
piezoelektrischen Aktors an eine elektrische Spannung in  
Kontakt stehen, dadurch gekennzeichnet, daß die  
Außenelektroden (3, 5) außerdem Zusatzelektroden (5)  
25 aufweisen, die über schmale elastische Füße (6) an mehreren  
Stellen mit den flächigen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt  
stehen.
- 30 2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Zusatzelektroden (5) parallel zu  
den Elektrodenstreifen (3) liegende kammartige Streifen mit  
äquidistanten, die elastischen Füße bildenden Zinken (6)  
bilden.
- 35 3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Zusatzelektroden parallel zu den

Elektrodenstreifen (3) liegende Doppelkämme bilden, die einen Kammrücken (10, 11) und daran anschließende zwei parallele seitliche Zinkenreihen aufweisen, deren Zinken (6) die elastischen Füße sind.

5

4. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zinken (6) vom Kammrücken (10) etwa rechtwinklig zu den Elektrodenstreifen (3) abgewinkelt sind und nur die Enden der Zinken (6) mit dem jeweiligen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt stehen.

10

5. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zinken (6) vom Kammrücken (10) im flachen Winkel zu den Elektrodenstreifen (3) abgewinkelt sind und die Endabschnitte der Zinken (6) mit dem jeweiligen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt stehen.

15

6. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kammrücken (11) mit den beidseitigen Zinken (6) eine etwa halbkreisförmige oder ovale Querschnittskontur hat.

20

7. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kammrücken (14) mit den beidseitigen Zinken (6) etwa in einer Ebene liegt.

25

8. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Kammrücken (10, 11) und dem zugeordneten Elektrodenstreifen (3) ein Abstandshalter (13) liegt.

30

9. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandshalter (13) als Elastomerunterlage oder als Lötstopplack ausgebildet ist.

35

10. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 3 bis

9, dadurch gekennzeichnet, daß die äquidistanten Zinken (6) auf beiden Seiten des Kammrückens (10, 11) gegeneinander um ein halbes Abstandsintervall der Zinken (6) in Längsrichtung des Doppelkamms versetzt sind.

5  
11. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzelektrode (5) eine parallel zu dem jeweiligen Elektrodenstreifen (3) liegende Elektrodenbürste (19) bildet, deren Borsten (20) die mit  
10 den Elektrodenstreifen (3) kontaktierten elastischen Füße bilden.

12. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kamm- oder  
15 Bürstenrücken (10, 11, 12) mehrere Löcher (8) aufweist.

13. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußleiter (7) jeweils an den Zusatzelektroden (5) angeschlossen sind.  
20

14. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw. Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden (5) mit den Elektrodenstreifen (8) durch eine Lotschicht  
25 verlötet sind.

15. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw. Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden durch  
30 eine elektrisch leitende Klebeschicht mit den Elektrodenstreifen (3) verbunden sind.

16. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw. Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden (5) durch  
35 Laserschweißpunkte mit den Elektrodenstreifen (3) verbunden

sind.

- 5 17. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw. Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden (5) mit den Elektrodenstreifen (3) bondiert sind.

5

# PIEZOELEKTRISCHER AKTOR

10

## Zusammenfassung

15

20

25

30

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen in Kraftfahrzeugen, mit einem Aktorkörper (1) in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten (2a, 2b), die abwechselnd durch an der Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers (1) einander gegenüberliegende metallische Außenelektroden (3, 5) wenigstens in Form flächiger Elektrodenstreifen (3) kontaktiert sind, wobei die Außenelektroden (3, 5) mit elektrischen Anschlußleitern (7) zum Anschluß des piezoelektrischen Aktors an eine elektrische Spannung in Kontakt stehen. Der piezoelektrische Aktor ist dadurch gekennzeichnet, daß die Außenelektroden (3) außerdem Zusatzelektroden (5) aufweisen, die über schmale elastische Füße (6) an mehreren Stellen mit den flächigen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt stehen.

(Figur 1)

35